

**SIMULASI PERBANDINGAN PENGUATAN PADA
PANJANG GELOMBANG 1310 nm DENGAN PENGUATAN
PADA PANJANG GELOMBANG 1550 nm DALAM
KOMUNIKASI SERAT OPTIK**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Jurusan Teknik Elektro**

OLEH :

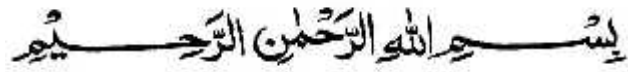
YANTESA TRI NANDA

10355023180



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
PROGRAM STUDI TEKNIK TELEKOMUNIKASI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SULTAN SYARIF KASIM
RIAU
2011**

KATA PENGANTAR



Bismillahirrahmanirrahim

Penulis mulai Tugas Akhir ini dengan mengucapkan basmala dan sesungguhnya hanya dengan izin Allah Swt penulis bisa mengerjakan Tugas Akhir penulis ini.

Alhamdulillah penulis ucapkan segala puji dan syukur yang sangat dalam kepada Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya yang telah diberikan-Nya dengan bekerja keras sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Shalawat beserta Salam penulis panjatkan buat junjungan alam baginda Rasulullah Muhammad SAW. Tugas akhir yang berjudul **SIMULASI PERBANDINGAN PENGUATAN PADA PANJANG GELOMBANG 1310 nm DENGAN PANJANG GELOMBANG 1550 nm DALAM KOMUNIKASI SERAT OPTIK**. Disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Sains Teknologi, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, penulis telah banyak mendapat bantuan dan petunjuk serta arahan dari berbagai pihak yang telah berpartisipasi demi kelancaran dan kesuksesan tugas akhir ini baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kepada orang tua, Ayahnda Harlim Darwis,SE dan Ibunda Erna yang tercinta, yang merawat dan membesarkan penulis, untuk usaha dan kerja keras dalam mewujudkan cita-cita penulis, untuk setiap tetes keringat yang diberikannya guna keberhasilan penulis, serta untuk setiap do'a dan air mata yang mengalir, penulis mintakan syurga atas segala pengorbanannya.

2. Bapak Prof. Dr. H. M. Nazir, MA, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
3. Ibu Hj. Yenita Morena, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
4. Bapak Kunaifi, ST, PgDiP,M.Eng, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknolgi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
5. Bapak Abdillah,S.Si,MT selaku pembimbing I yang telah banyak membimbing saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Bapak Fitri Amalia, ST,MT. sebagai Pembimbing II yang telah membantu dan membimbing saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini..
7. Bapak Rika Susanti, ST, M.Eng. selaku penguji I yang telah membantu saya dalam pelaksanaan dan yang tetap bersemangat berbagi ilmu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Bapak Edmond Febrinicko Armay, MT, selaku penguji II yang telah membantu saya dalam pelaksanaan untuk menyelesaikan tugas akhir saya ini.
9. Segenap dosen-dosen Teknik Elektro yang sangat berjasa karena telah memberikan pengetahuan serta dukungan dalam menyelesaikan studi dan Tugas Akhir ini.
10. Abangku dr. Inaldo Harlim dan kakakku Inaula Eka Putri, SE, yang telah memberi dukungan dan sekaligus menjadi motivasi yang nyata atas keberhasilannya. Adikku satu-satunya yang saya sayangi Nissa Husnul Khotimah yang saya banggakan.
11. Teman sekaligus Dosen Pembimbing Sutoyo,ST yang telah banyak meluangkan waktu dan ilmunya untuk keberhasilan simulasi dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
12. Windy Arnaz Putri, S.I.Kom, Rini Novriani,ST dan Ahmad Hafiz,ST yang merupakan teman terbaik dalam mengingatkan, mendukung, dan memotivasi saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini,

13. Teman-teman angkatan 2003 Elektro Telekomunikasi dan teman-teman lain di kampus yang telah banyak membantu dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini.
14. Semua pihak yang telah banyak memberikan bantuan dari awal pengerjaan Tugas Akhir ini hingga selesai yang tidak mungkin disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam pengerjaan Tugas Akhir ini masih banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik dari semua pihak demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Sebab tak ada gading yang tak retak dan penulis menyadari kesempurnaan hanya milik Allah, SWT. Semoga Tugas Akhir ini berguna bagi semua pembaca umumnya dan bagi penulis sendiri khususnya. Amin,,,

Wassalamu'alaikum wr.wb.

Pekanbaru, Februari 2011

Yantesa Tri Nanda

**SIMULASI PERBANDINGAN PENGUATAN PADA
PANJANG GELOMBANG 1310 nm DENGAN PENGUATAN PADA
PANJANG GELOMBANG 1550 nm DALAM KOMUNIKASI SERAT
OPTIK**

YANTESA TRI NANDA

10355023180

Tanggal Sidang : 04 februari 2011

Periode Wisuda : Juli 2011

Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

ABSTRAK

Perkembangan teknologi *wired* mengalami kemajuan yang sangat pesat. Ini terlihat dari teknologi menggunakan *fixed* kabel berubah menggunakan cahaya yang dikenal dengan sistem komunikasi serat optik. Pada optic menggunakan metode pembagian informasi misalnya data berdasarkan panjang gelombang pada proses transmisinya yang dikenal dengan *Dense Wavelength Devision Multiplexing* (DWDM), sehingga hasil konversi menghasilkan frekuensi lebih besar sampai dengan TeraHerz (THz). Pembagian informasi pada teknologi ini menggunakan panjang gelombang berbeda-beda pada pengoperasiannya pada panjang gelombang 1310 nm dan 1550 nm maupun digabung keduanya.

Pada penelitian ini akan menunjukkan pengaruh yang terjadi pada saat menggunakan panjang gelombang 1310 nm dan 1550 nm. Dari hasil simulasi dilakukan pada jarak 400 km menggunakan panjang gelombang 1310 nm menghasilkan daya terima (Prx) sebesar -5,5 dBm dan pada panjang gelombang 1550 nm menghasilkan daya terima (Prx) adalah -5,5 dBm. Dari nilai Prx yang dibandingkan terdapat kesamaan nilai akan tetapi jumlah penguatan yang digunakan berbeda yaitu 11 EDFA untuk panjang gelombang 1310 nm dan 8 EDFA untuk panjang gelombang 1550 nm. Dari penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa menggunakan panjang gelombang 1550 nm lebih sedikit menggunakan penguatan dibandingkan 1310 nm sehingga dapat memperkecil biaya operasional.

Kata kunci : panjang gelombang 1310 nm, panjang gelombang 1550 nm, EDFA.

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1. Konversi spasi lamda ke spasi frekuensi	II-10
3.1 spesifikasi teknis kabel serat optik.....	III-1
3.2. Parameter – parameter yang digunakan dalam simulasi	III-2
4.1. Daya Terima Tanpa Penguatan	IV-2
4.2. Total loss pada media transmisi	IV-4
4.3. Hasil penggunaan gain pada tiap panjang gelombang	IV-6

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN COVER	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL	iv
LEMBAR PERNYATAAN	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL	xv

BAB I	PENDAHULUAN	
1.1	Latar Belakang	I-1
1.2	Rumusan Masalah	I-2
1.3	Batasan Masalah.....	I-2
1.4	Tujuan Penulisan.....	I-2
1.5	Metodologi Penelitian	I-2
1.6	Sistematika Penulisan.....	I-3
BAB II	LANDASAN TEORI	
2.1	Sistem komunikasi serat optik	II-1
2.1.1	Struktur fiber.....	II-1
2.1.2	Karakteristik Transmisi fiber Optik	II-2
2.1.3	Komponen-komponen fiber optik.....	II-4
2.1.4	Keuntungan dan kerugian menggunakan serat optik	II-5
2.2	<i>Wavelength Division Multiplexing (WDM)</i>	II-6

2.3	DWDM (<i>Dense Wavelength Division Multiplexing</i>) ..	II-8
2.3.1	Konsep Dasar DWDM.....	II-8
2.3.2	Spasi kanal	II-9
2.3.3	Kelebihan teknologi DWDM.....	II-10
2.4.	<i>Erbium-Doped Fiber Amplifier</i> (EDFA).....	II-13
2.5.	sekilas tentang MATLAB	II-14
BAB III	PERANCANGAN PROGRAM	
3.1	Parameter-parameter <i>Link Budget</i>	III-1
3.2	Perancangan diagram alir (<i>flow chart</i>).....	III-3
3.2.1	<i>flowchart</i> main program.....	III-3
3.2.2	<i>flowchart</i> transmisi pada panjang gelombang 1310 nm.....	III-4
3.2.3	<i>flowchart</i> transmisi pada panjang gelombang 1550 nm.....	III-5
3.3	Perancangan Tampilan Sistem (Antar Muka)	III-6
BAB IV	HASIL DAN ANALISIS	
4.1	Analisa Sistem	IV-1
4.2	Analisa hasil pengujian	IV-2
4.2.1	Hasil daya terima tanpa diberi penguatan	IV-2
4.2.2	Hasil <i>Total Loss</i> Pada Media Transmisi.....	IV-5
4.2.3	Hasil penggunaan gain (penguatan) pada tiap panjang gelombang	IV-7
4.3	Analisa Penarapan Sistem	IV-9
BAB V	PENUTUP	
5.1	Kesimpulan	V-1
5.2	Saran	V-1

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kemajuan teknologi telekomunikasi yang berkembang dengan pesat seiring dengan era globalisasi yang sedang melanda dunia. Ini terlihat dari indikasi banyaknya layanan informasi yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Semakin beragamnya layanan informasi, tuntutan kehandalan jaringan yang memadai, dan persaingan antar pemberi layanan telekomunikasi yang semakin ketat berakibat pada meningkatnya tuntutan sistem transmisi yang memiliki kapasitas bandwidth besar dan kualitas yang tinggi.

Antisipasi kebutuhan bandwidth yang besar ini telah diupayakan dengan meningkatkan kualitas media transmisi yang digunakan, di antaranya dengan menggunakan serat optik. Serat optik digunakan sebagai media transmisi pilihan, karena memiliki beberapa keunggulan, antara lain memiliki bandwidth yang besar (25 THz), redaman transmisi kecil, ukuran kecil, dan tidak terpengaruh oleh gelombang elektromagnetis. Namun dengan teknologi serat optik konvensional, bandwidth potensial tersebut belum dapat dimanfaatkan secara optimal.

Saat ini teknologi DWDM merupakan teknologi paling prospektif untuk memultiplekskan beberapa kanal dalam serat optik, karena teknologi ini membagi kanal dalam daerah panjang gelombang, sehingga lebih mudah diakses dalam serat optik.

Pada media transmisi jaringan telekomunikasi sering terjadi redaman. Dengan adanya redaman pada serat optik, daya pancar yang diterima menjadi semakin kecil. Oleh karena itu digunakan Penguatan pada media transmisi yang menjaga mutu data yang diterima *Receiver*

Pada proses penguatan serat optik yang mempunyai panjang gelombang yang berbeda. Diantaranya panjang gelombang pada 1310 nm dan panjang gelombang pada 1550 nm. Dikarenakan penulis belum menemukan simulasi yang melakukan perbandingan penguatan pada panjang gelombang tersebut. Maka penulis membuat *software* untuk membandingkan kedua penguatan yang berada pada panjang gelombang yang berbeda.

1.2. Rumusan Masalah

Bagaimana menganalisa perbandingan penguatan pada panjang gelombang 1310 nm dengan penguatan pada panjang gelombang 1550 nm dalam komunikasi serat optik

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun bertujuan untuk perbandingan penguatan pada panjang gelombang 1310 nm dengan penguatan pada panjang gelombang 1550 nm dan sebagai alat bantu program untuk mata kuliah Komunikasi serat optik.

1.4. Batasan Masalah

1. Perhitungan keluaran adalah *power receiver* dalam satuan dBm
2. Daya minimum (P_{min}) sebagai acuan nilai terendah *power receiver*.
3. Parameter pada transmisi adalah *power transmitter* satuan watt, *safety margin*.
4. Perhitungan *Total Losses* dengan parameter *fiber losses* yaitu *attenuation*, *splice loss*, *connector loss*, dan *other losses*
5. Penambahan jumlah *amplifier* untuk menjaga kualitas *Transmitter* yang diterima *output Receiver*.
6. Simulasi menggunakan *software* matlab versi 6.5
7. Jenis kabel serat optik yang dipakai dalam teknologi ini menggunakan serat optik *single mode*.
8. Penguat yang digunakan adalah *Erbium Doped Fiber Amplifier* (EDFA)
9. Jarak yang digunakan pada penelitian adalah dari 150 km sampai 600 km.

1.5. Metodologi Penelitian

1. Studi Kepustakaan dengan mengambil sumber dari literatur
2. Studi Analisis
3. Pemograman dan simulasi

1.6. Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan secara umum dan singkat mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini berisi mengenai teori pendukung dari studi implementasi

BAB III PERANCANGAN PROGRAM

Bab ini berisi bagaimana merancang sistem

BAB IV HASIL DAN ANALISIS

Bab ini berisi mengenai hasil analisis dari sistem

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan yang diperoleh dari pengujian program simulasi dan saran yang didapat dari hasil simulasi.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Sistem komunikasi Serat Optik

Serat optik adalah alat yang berguna untuk mentransmisikan informasi melalui media cahaya. Teknologi ini melakukan perubahan sinyal listrik kedalam sinyal cahaya kemudian disalurkan melalui serat optik dan selanjutnya dikonversi kembali menjadi sinyal listrik pada bagian penerima

Kabel ini berdiameter lebih kurang 120 mikrometer. Cahaya yang ada di dalam serat optik tidak keluar karena indeks bias dari kaca lebih besar daripada indeks bias dari udara, karena laser mempunyai spektrum yang sangat sempit. Kecepatan transmisi serat optik sangat tinggi sehingga sangat bagus digunakan sebagai saluran komunikasi

2.1.1 Struktur Fiber

Struktur fiber optik biasanya terdiri atas 3 bagian, yaitu :

➤ **Bagian yang paling utama dinamakan inti (*core*)**

Gelombang cahaya yang dikirim akan merambat dan mempunyai indeks bias lebih besar dari lapisan kedua, dan terbuat dari kaca. Inti (*core*) mempunyai diameter yang bervariasi antara 5 – 50 μm tergantung jenis serat optiknya.

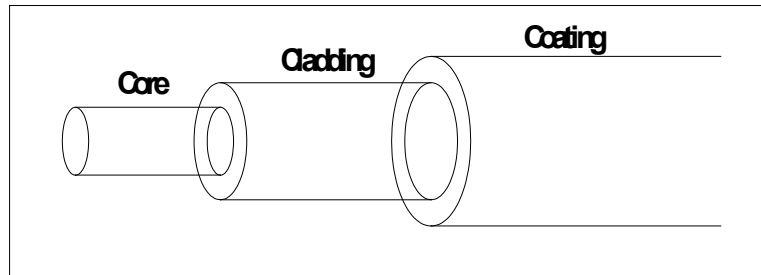
➤ **Bagian kedua dinamakan lapisan selimut / selubung (*cladding*)**

Bagian ini mengelilingi bagian inti dan mempunyai indeks bias lebih kecil dibanding dengan bagian inti, dan terbuat dari kaca.

➤ **Bagian ketiga dinamakan jacket (*coating*)**

Bagian ini merupakan pelindung lapisan inti dan selimut yang terbuat dari bahan plastik elastik.

Struktur dari fiber optik tersebut dapat diperlihatkan pada gambar 2.1. berikut ini :



Gambar 2.1. Struktur Fiber Optik (sumber : STT TELKOM , 2007)

2.1.2 Karakteristik Transmisi fiber optik

Karakteristik transmisi fiber optik mencakup redaman yang terjadi pada serat optik. Faktor redaman sangat menentukan kualitas fiber optik tersebut sebagai media transmisi dalam suatu jaringan komunikasi.

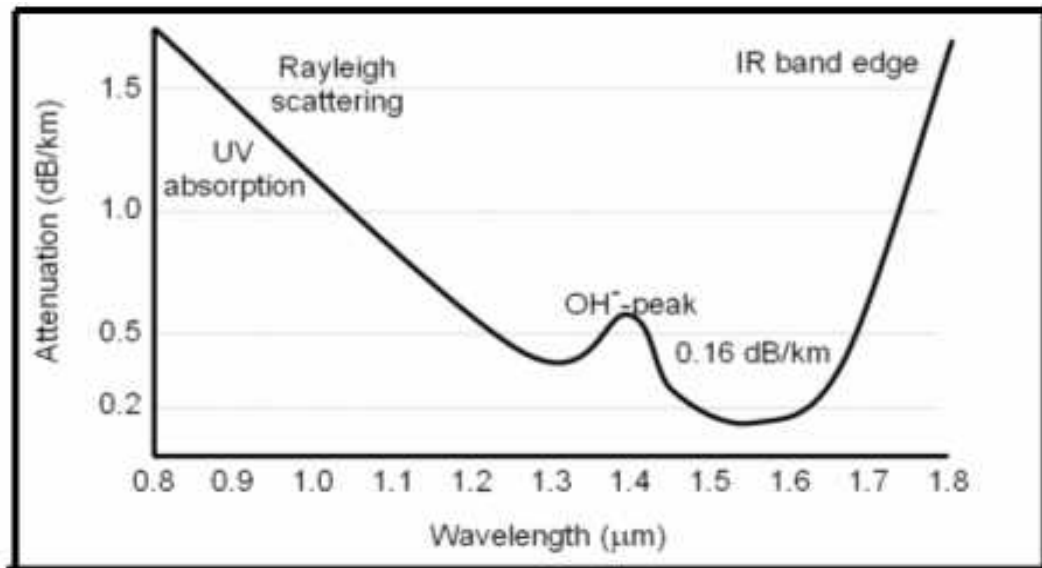
A. Redaman (*attenuation*)

Attenuation mengacu pada pelemahan sinyal selama ia berjalan melalui kabel. terkadang disebut sebagai *roll off*. Selama sinyal mengalir melalui kawat, gelombang kotaknya berubah bentuk sejauh sinyal mengalir. Jadi, attenuasi sebenarnya adalah fungsi dari panjang kabel. Jika sinyal mengalir terlalu jauh, bisa menurun kualitasnya sehingga stasiun penerimanya tidak mampu lagi menginterpretasikannya dan komunikasi akan gagal.

Dalam arti lain attenuasi adalah melemahnya sinyal yang diakibatkan oleh adanya jarak yang semakin jauh yang harus ditempuh oleh suatu sinyal dan juga oleh karena makin tingginya frekuensi sinyal tersebut

Redaman adalah koefisien yang digunakan untuk menentukan perbedaan media berdasarkan amplitude pemancar dalam frekuensi. Ketika serat optik diperkenalkan untuk komunikasi 20 tahun yang lalu, redaman mencapai 20 dB/km seperti terlihat pada Gambar 2.2 Saat ini nilai redaman mengecil dengan

bertambahnya nilai panjang gelombang. Untuk meminimalisasi redaman serat optik, panjang gelombang cahaya pada pemancaran diperbesar dari 0.85 μm menjadi 1.3 μm dan 1.55 μm .



Gambar 2.2. Redaman Terhadap Panjang Gelombang (sumber : Sri Danaryani, 2008)

Terdapat empat sumber redaman yaitu Rugi-rugi absorpsi material, Rugi-rugi penyebaran (*scattering*), Rugi-rugi pembengkokkan (*bending*) dan Rugi-rugi sambungan (*coupling*). Dengan adanya redaman pada serat optik, daya pancar yang diterima menjadi semakin kecil, seperti ditunjukkan oleh gambar 2.2. Batas redaman berasal dari konsep sensitifitas penerima atau daya minimum (P_{min}) dan *power budget*. Total rugi-rugi daya pada jalur transmisi lebih kecil dari pada *power budget*, dituliskan dengan persamaan 1.

$$\alpha_{\text{fiber}} + \alpha_{\text{coupling}} + \text{other loss} \leq \text{power budget [dB]} \dots\dots\dots(1)$$

dimana

α_{fiber} : attenuasi kabel, [dB/km]

α_{coupling} : attenuasi coupling, [dB/km]

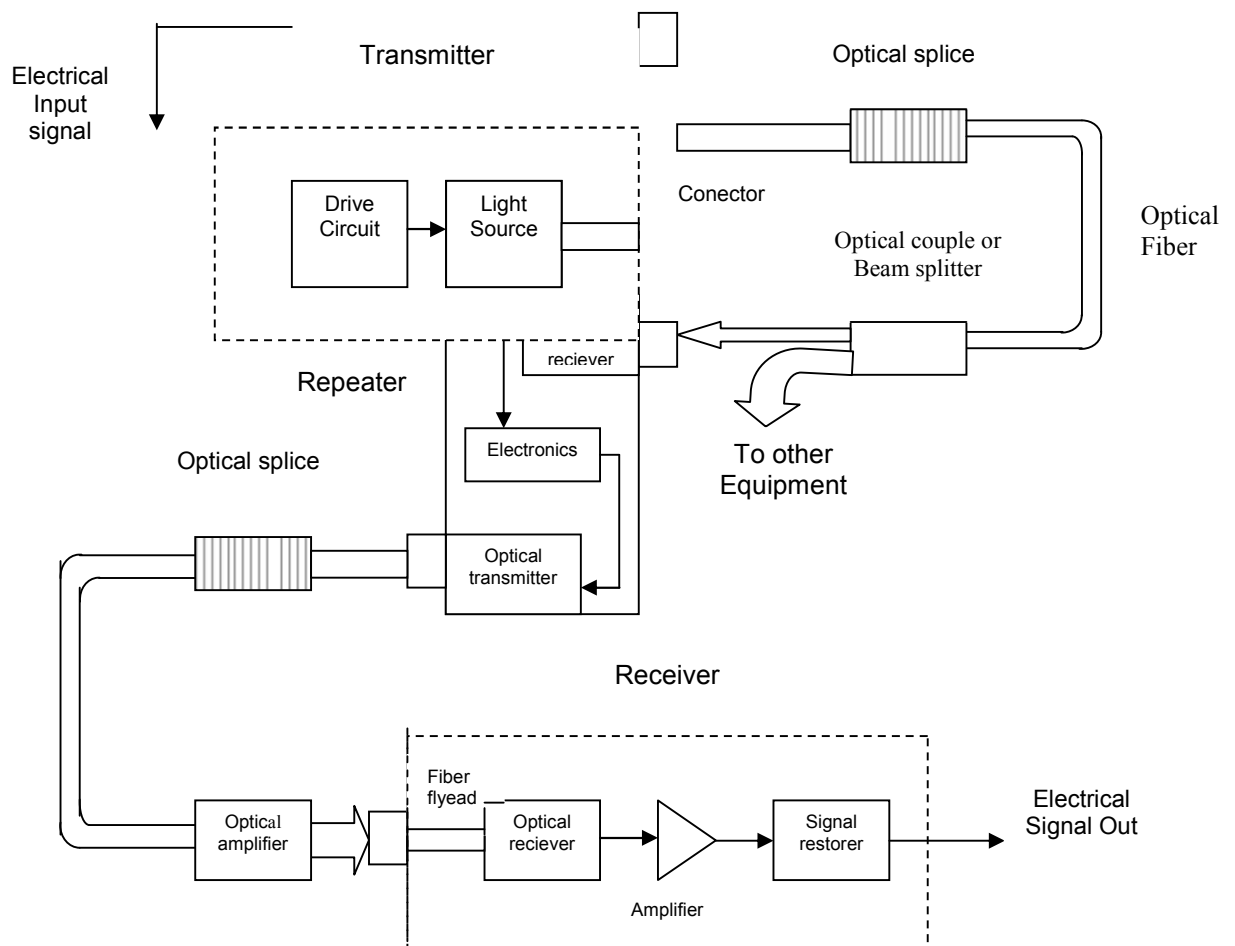
other loss adalah rugi-rugi lain seperti *bending*, *scattering*, dll. [dB/km]

B. Daya Minimum (P_{min})

Ada batasan untuk jumlah daya yang dapat dilewatkan pada power. Jumlahnya kira setengah watt (standar single mode). Hal ini disebabkan karena kenaikan jumlah efek non linier saat jumlah daya ditingkatkan.

2.1.3 Komponen – komponen fiber optik

Elemen-elemen utama dari sistem pentransmisian dengan media fiber optik dapat dilihat pada blok diagram berikut :



Gambar 2.3. Elemen Utama Transmisi Serat Optik (PT.PLN (Persero), 2004)

Gambar 2.3 adalah komponen dalam sistem transmisi serat optik. Dalam pentransmisian melalui serat optik ada beberapa hal yang menjadi karakteristik atau

komponen pada transmisi serat optik, yaitu sambungan (*Connection*), *Coupler*, MRP *Spesification* (*Minimum Required Power*).

Terdapat 2 tipe sambungan yaitu menggunakan *Connector* dan menggunakan *Splice*. *Connector* diperlukan apabila fiber dalam pentransmisiannya harus disambung/diputus. Sedangkan *Splice* diperlukan pada sistem fiber optik bila ada 2 fiber yang akan dihubungkan secara permanen.

Coupler diperlukan bila daya optik harus dihubungkan ke banyak saluran. Sedangkan MRP *Specification* (*Minimum Required Power*) digunakan sebagai analisis *link power budget* dalam mendesain *photonic layer*. MRP merupakan pengukur sensitivitas receiver untuk SNR atau BER yang spesifik dan *bandwidth* atau *bit rate* pada output receiver.

2.1.4 Keuntungan dan kerugian menggunakan serat optik

Berikut ini adalah keuntungan dan kerugian dalam menggunakan serat optik yaitu :

A. Keuntungan

1. Mempunyai lebar pita frekuensi (bandwidth yang lebar).

Frekuensi pembawa optik bekerja pada daerah frekuensi yang tinggi yaitu sekitar 10^{13} Hz sampai dengan 10^{16} Hz, sehingga informasi yang dibawa akan menjadi banyak.

2. Redaman sangat rendah dibandingkan dengan kabel yang terbuat dari tembaga, terutama pada frekuensi yang mempunyai panjang gelombang sekitar 1310 nm yaitu 0,2 dB/km.
3. Kebal terhadap gangguan gelombang elektromagnet.

Fiber optik terbuat dari kaca atau plastik yang merupakan isolator, berarti bebas dari interferensi medan magnet, frekuensi radio dan gangguan listrik.

4. Dapat menyalurkan informasi digital dengan kecepatan tinggi. Kemampuan fiber optik dalam menyalurkan sinyal frekuensi tinggi, sangat cocok untuk pengiriman sinyal digital pada sistem multipleks digital dengan kecepatan beberapa Mbit/s hingga Gbit/s.
5. Ukuran dan berat fiber optik kecil dan ringan.
Diameter inti fiber optik berukuran micro sehingga pemakaian ruangan lebih ekonomis.
6. Tidak mengalirkan arus listrik
Terbuat dari kaca atau plastik sehingga tidak dapat dialiri arus listrik (terhindar dari terjadinya hubungan pendek)
7. Sistem dapat diandalkan (20 – 30 tahun) dan mudah pemeliharaannya.

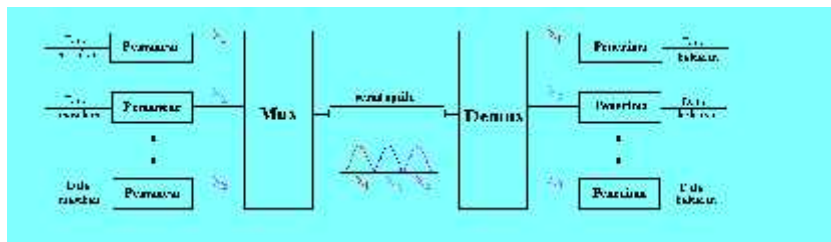
B. Kerugian

1. Konstruksi fiber optik lemah sehingga dalam pemakaiannya diperlukan lapisan penguat sebagai proteksi.
2. Karakteristik transmisi dapat berubah bila terjadi tekanan dari luar yang berlebihan
3. Tidak dapat dialiri arus listrik, sehingga tidak dapat memberikan catuan pada pemasangan *repeater*.

2.2. Wavelength Division Multiplexing (WDM)

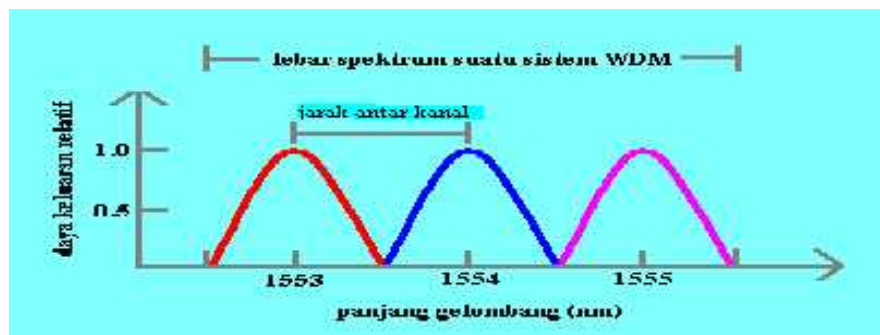
Teknologi WDM pada dasarnya adalah teknologi transport untuk menyalurkan berbagai jenis trafik (data, suara, dan *video*) secara transparan, dengan menggunakan panjang gelombang yang berbeda-beda dalam suatu fiber tunggal secara bersamaan. Implementasi WDM dapat diterapkan baik pada jaringan *long haul* (jarak jauh) maupun untuk aplikasi *short haul* (jarak dekat).

Penggunaan teknologi WDM menawarkan kemudahan dalam hal peningkatan kapasitas transmisi dalam suatu sistem komunikasi serat optik, khususnya kabel laut. Hal ini dimungkinkan karena setiap sumber data memiliki sumber optiknya masing-masing, yang kemudian digandengkan ke dalam sebuah serat optik seperti gambar 2.4. Meski demikian, besarnya daya untuk masing-masing sumber optik mesti dibatasi karena serat optik yang dipergunakan akan mengalami ke-nonliniearan apabila jumlah total daya dari sumber-sumber optik tersebut melebihi suatu ambang nilai, yang besarnya tergantung pada jenis kenonlinierannya.



Gambar 2.4. Diagram Suatu Sistem WDM (sumber : elektroindonesia.com,1999)

Gambar 2.5 menunjukkan pengaturan jarak antarkanal dalam suatu sistem WDM, yang besarnya lebih kurang 1 nm. Dengan demikian, di sisi penerima mesti ditempatkan suatu *filter* guna mencegah terjadinya cakap-silang/*crosstalk* dari kanal-kanal yang berdekatan.



Gambar 2.5. Jarak Antarkanal Dalam Sistem WDM (sumber : elektroindonesia.com, 1999)

penggunaan teknologi WDM dapat menyebabkan ke-nonlinearan. Ke-nonlinearan terjadi di dalam inti serat optik, dimana intensitas cahaya pada inti sangat kuat dalam daerah interaksi yang panjang. Efek-efek ke-nonlinearan itu sendiri ada beberapa jenis, yaitu *stimulated Raman scattering* (SRS), *stimulated Brillouin scattering* (SBS), *self-phase modulation* (SPM), *carrier-induced phase modulation* (CIP) dan *four wave mixing* (FWM). Meski demikian, beberapa efek dapat memberikan dampak positif sejak beberapa peneliti mengembangkan penguat Raman dan Brillouin.

2.3. DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplexing*)

Teknologi DWDM merupakan perbaikan teknologi WDM yang telah dikembangkan sebelumnya, yaitu memperkecil spasi antar kanal, sehingga terjadi peningkatan jumlah kanal yang mampu dimultipleks. Inti perbaikan terdapat pada infrastruktur yang digunakan, seperti jenis laser, tapis, dan penguat. Perbaikan teknologi ini dipicu dengan adanya perkembangan teknologi fotonik, seperti penemuan EDFA (*Erbium Doped Fiber Amplifier*) sebagai penguat optik, dan laser dengan presisi yang lebih tinggi yang disebut teknologi DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplexing*). Penemuan EDFA memungkinkan DWDM beroperasi pada daerah 1550 nm yang memiliki atenuasi rendah, sementara sebagian besar sistem WDM konvensional masih beroperasi pada daerah 1310 nm dengan tingkat atenuasi lebih tinggi.

2.3.1 Konsep Dasar DWDM

Masukan sistem DWDM berupa trafik yang memiliki format data dan pesan bit yang berbeda dihubungkan dengan laser DWDM. Laser tersebut akan mengubah masing-masing sinyal informasi dan memancarkan dalam panjang gelombang yang berbeda-beda $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_N$. Kemudian masing-masing panjang gelombang tersebut dimasukkan ke dalam MUX (*multiplexer*), dan keluaran disuntikkan ke dalam sehelai serat optis. Selanjutnya keluaran MUX ini akan ditransmisikan

sepanjang jaringan serat. Untuk mengantisipasi pelemahan sinyal, maka diperlukan penguatan sinyal sepanjang jalur transmisi. Sebelum ditransmisikan sinyal ini diperkuat terlebih dahulu dengan menggunakan penguat akhir (*postamplifier*) untuk mencapai tingkat daya sinyal yang cukup. ILA digunakan untuk menguatkan sinyal sepanjang saluran transmisi. Sedangkan penguat awal (*pre-amplifier*) digunakan untuk menguatkan sinyal sebelum dideteksi. DEMUX (*demultiplexer*) digunakan pada ujung penerima untuk memisahkan

panjang gelombang-panjang gelombang, yang selanjutnya akan dideteksi menggunakan fotodetektor. *Multiplexing* serentak kanal masukan dan *demultiplexing* kanal keluaran dapat dilakukan oleh komponen yang sama, yaitu *multi/demultiplexer*.

Sistem DWDM memiliki lapisan fotonika utama yang bertanggung jawab untuk melewati data optis melalui jaringan, dengan beberapa prinsip dasar, yaitu spasi kanal, arah aliran sinyal, dan pelacakan sinyal.

2.3.2 Spasi kanal

Spasi kanal merupakan jarak minimum antar panjang gelombang agar tidak terjadi interferensi. Standarisasi spasi kanal perlu dilakukan agar sistem DWDM dari berbagai *vendor* yang berbeda dapat saling berkomunikasi. Jika panjang gelombang operasi berbanding terbalik dengan frekuensi, hubungan bedanya dikenal dalam panjang gelombang masing-masing sinyal. Faktor yang mengendalikan besar spasi kanal adalah *bandwidth* pada penguat optik dan kemampuan penerima mengidentifikasi dua set panjang gelombang yang lebih rendah dalam spasi kanal. Kedua faktor itulah yang membatasi jumlah panjang gelombang yang melewati penguat.

Saat ini terdapat dua pilihan untuk melakukan standarisasi kanal, yaitu menggunakan spasi lamda atau spasi frekuensi. Hubungan antara spasi lamda dan spasi frekuensi adalah:

$$\Delta f = -\frac{c}{\lambda^2} \Delta \lambda \dots\dots\dots(2)$$

dengan:

- Δf = spasi frekuensi (GHz)
- $\Delta \lambda$ = spasi lamda (nm)
- λ = panjang gelombang daerah operasi (nm)
- $c = 3 \times 10^8$ m/s.

2.3.3 Kelebihan Teknologi DWDM

Kelebihan teknologi DWDM adalah transparan terhadap berbagai trafik. Kanal informasi masing-masing panjang gelombang dapat digunakan untuk melewati trafik dengan format data dan pesat bit yang berbeda. Ketransparanan sistem DWDM dan kemampuan *add/drop* akan memudahkan penyedia layanan untuk melakukan penambahan dan pemisahan trafik.

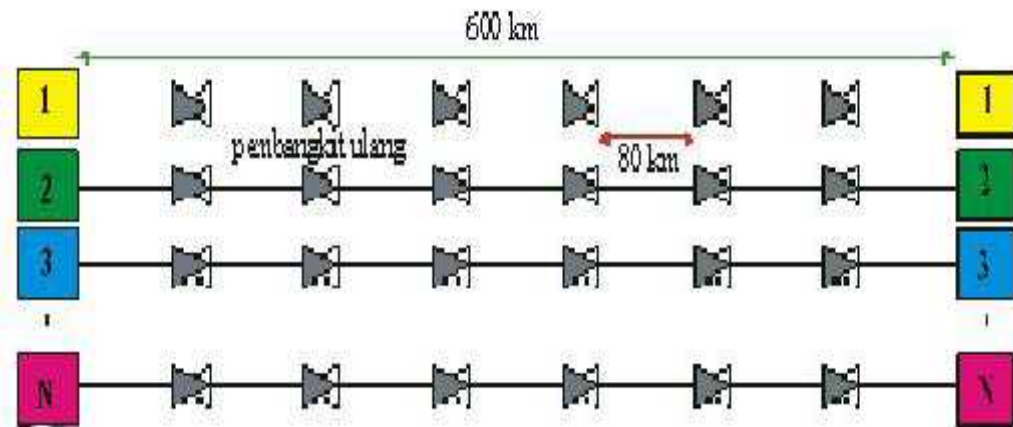
Perbandingan teknologi serat optik konvensional dan teknologi DWDM adalah sebagai berikut.

1. Kapasitas serat optik yang dipakai lebih optimal. DWDM dapat membawa banyak cahaya dengan panjang gelombang yang berbeda dalam sehelai serat optik, sedangkan teknologi serat optis konvensional hanya dapat mentransmisikan satu panjang gelombang dalam sehelai serat optik.

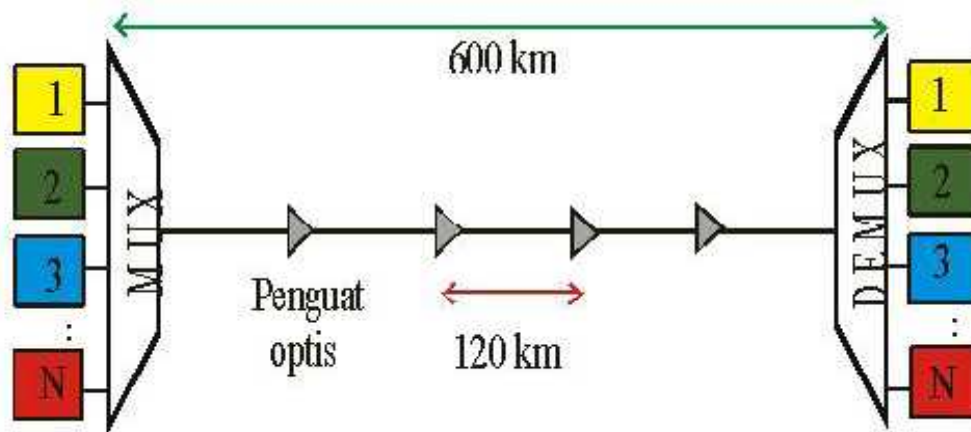
Spasi Lamda (nm)	Spasi Frekuensi (Ghz)
0,4	50
0,8	100
1	120
1,6	200
2	250

Tabel 2.1. Konversi Spasi Lamda Ke Spasi Frekuensi ($\lambda=1550$ nm)

(sumber : Endah Sudarmilah 2002)



Gambar 2.6. Teknologi serat optik konvensional (sumber : Endah Sudarmilah 2002)



Gambar 2.7. Teknologi DWDM (sumber : Endah Sudarmilah 2002)

2. Instalasi jaringan lebih sederhana. Penambahan kapasitas jaringan pada teknologi serat optik konvensional dilakukan dengan memasang kabel serat optik baru, sedangkan pada DWDM cukup dilakukan penambahan beberapa panjang gelombang baru tanpa harus melakukan perubahan fisik jaringan.
3. Penggunaan penguat lebih efisien. DWDM menggunakan penguat optis yang dapat menguatkan beberapa panjang gelombang sekaligus dengan interval penguatan yang lebih jauh, sehingga penguat optis yang digunakan pada DWDM lebih sedikit dibandingkan pembangkit-ulang yang digunakan pada

teknologi serat optis konvensional. Penguat optis yang digunakan dalam teknologi DWDM adalah EDFA. EDFA merupakan serat optis dari bahan silika (SiO_2) dengan intinya (*core*) telah dikotori dengan bahan Erbium (Er^{3+}), termasuk ke dalam golongan *Rare-Earth Doped- Fibre Amplifier*.

Berikut ini adalah beberapa keunggulan yang dimiliki oleh EDFA, sehingga dapat mendukung teknologi DWDM:

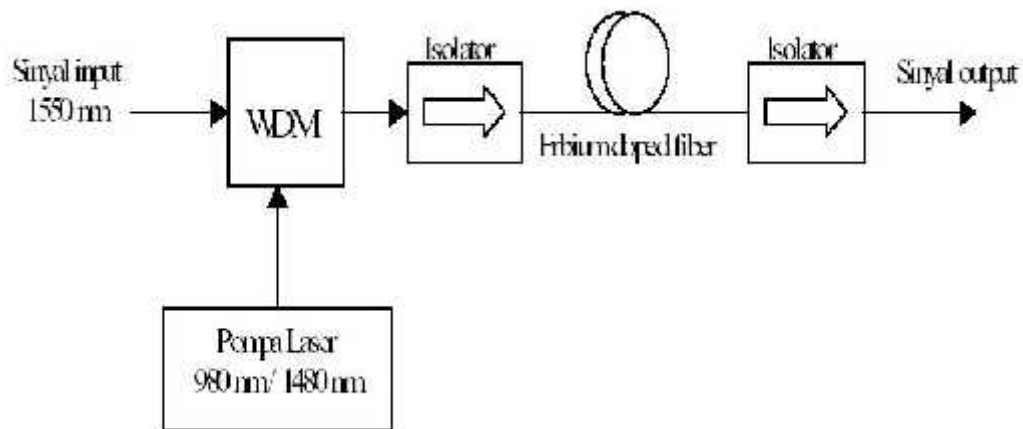
- a. Faktor peroleh EDFA sangat tinggi
EDFA pada DWDM memiliki gain sebesar 40 dB, sedangkan pada WDM mempunyai gain 20-30 dB dengan memompa energi sebesar 10 mW.
 - b. *Bandwidth* lebar
Ion Erbium melepaskan foton dengan interval panjang gelombang 1.530-1.560 nm atau sama dengan *bandwidth* sebesar 3 THz. Pada interval tersebut redaman yang terjadi pada serat optis hanya berkisar 0,2 dB/km, sehingga EDFA dapat memperkuat puluhan sinyal dengan panjang gelombang yang berbeda secara bersamaan.
 - c. *Noise figure* EDFA sangat kecil
Noise figure merupakan perbandingan antara S/N_{in} dengan S/N_{out} , sehingga untuk transmisi jarak-jauh akan menghasilkan akumulasi derau optik, namun dengan adanya tapis optik pada perangkat EDFA maka *noise figure* yang muncul sangat kecil.
 - d. Daya keluaran yang besar
Daya keluaran pada EDFA meningkat seiring dengan meningkatnya daya diode laser (*optical pump*).
 - e. Kemudahan instalasi EDFA
mudah diinstalasi karena EDFA juga berbentuk serat.
4. Biaya pemasangan, pemeliharaan dan pengembangan lebih efisien. Hal ini akibat arsitektur jaringan DWDM lebih sederhana dibandingkan arsitektur jaringan serat optik konvensional.

2.4. Erbium-Doped Fiber Amplifier (EDFA)

Pada jaringan jarak jauh dibutuhkan beberapa penguat ulang elektronik untuk memperbaiki pelemahan sinyal yang terjadi. Solusi untuk mengatasinya adalah dengan komponen aktif *erbium doped fiber amplifier* (EDFA) yang menguatkan sinyal tanpa harus terlebih dahulu mengubahnya ke dalam sinyal elektronik.

Serat *erbium doped amplifier* terdiri dari beberapa meter serat optik yang di *doped* dengan elemen-elemen *rare earth erbium*. Prinsipnya, laser digunakan untuk memompa serat *erbium doped* dan atom-atom diserat akan berpindah pita energi dari tingkat energi terendah ke tingkat energi yang lebih tinggi.

Sinyal optik yang melewati serat *erbium doped* berfungsi sebagai perangsang sehingga terjadi emisi yang melepaskan energi photon. Energi tersebut bersifat koheren dan dengan demikian terjadi penguatan sinyal secara optik. Bagaimanapun kombinasi keistimewaan ini menghasilkan beberapa karakteristik baru yang tidak terdapat di serat optik pada umumnya. Agar analisa secara teori dapat dilakukan lebih khusus maka dikembangkan suatu model penguatan cahaya pada serat *erbium doped*.



Gambar 2.8. Blok Diagram Sistem Penguatan Serat *Erbium Doped* (sumber : Akmal Hambali, 2008)

2.5. Sekilas Tentang MATLAB.

MATLAB adalah sebuah bahasa dengan (high-performance) kinerja tinggi untuk komputasi masalah teknik. Matlab mengintegrasikan komputasi, visualisasi, dan pemrograman dalam suatu model yang sangat mudah untuk pakai dimana masalah-masalah dan penyelesaiannya diekspresikan dalam notasi matematika yang familiar. Penggunaan Matlab meliputi bidang-bidang:

- Matematika dan Komputasi
- Pembentukan Algorithm
- Akusisi Data
- Pemodelan, simulasi, dan pembuatan prototipe
- Analisa data, explorasi, dan visualisasi
- Grafik Keilmuan dan bidang Rekayasa

MATLAB merupakan suatu sistem interaktif yang memiliki elemen data dalam suatu array sehingga tidak lagi dipusingkan dengan masalah dimensi. Hal ini memungkinkan untuk memecahkan banyak masalah teknis yang terkait dengan komputasi, khususnya yang berhubungan dengan matrix dan formulasi vektor, yang mana masalah tersebut merupakan rumit apabila harus menyelesaikannya dengan menggunakan bahasa level rendah seperti Pascall, C dan Basic.

Nama MATLAB merupakan singkatan dari *matrix laboratory*. MATLAB pada awalnya ditulis untuk memudahkan akses perangkat lunak matrik yang telah dibentuk oleh LINPACK dan EISPACK. Saat ini perangkat MATLAB telah menggabung dengan LAPACK dan BLAS library, yang merupakan satu kesatuan dari sebuah seni tersendiri dalam perangkat lunak untuk komputasi matrix.

BAB III

PERANCANGAN PROGRAM

Bab ini menguraikan tentang metode perancangan Tugas Akhir yang melibatkan pembahasan pada perancangan simulasi proses penggunaan penguatan terhadap kinerja dari serat optik. Pembahasan yang akan dijelaskan dalam bagian ini meliputi : Parameter-parameter link budget serta perancangan diagram alir (*Flowchart*) dan perancangan tampilan perangkat lunak (*interface*).

3.1 Parameter-parameter link budget

Didalam merancang suatu jaringan maka diperlukan suatu perhitungan anggaran agar kinerja dari suatu sistem yang diinginkan akan lebih baik dan efisien.. Pada simulasi yang akan dirancang memerlukan beberapa parameter – parameter yang terdapat kedalam komponen telekomunikasi yakni *transmitter*, media transmisi, *receiver* serta penambahan penguatan (*gain*).

Menurut spesifikasi teknis kabel serat optik menurut PT. Telkom memberikan arahan tentang beberapa parameter dari serat optik yang tergabung di dalam tabel 3.1 dibawah ini

Tabel 3.1 Spesifikasi Teknis Kabel Serat Optik Tipe Single Mode

(Sumber : *Handout* Modul-12, STT TELKOM)

Karakteristik	Nilai
<i>Mode Field Diameter (1310 nm)</i>	0,5 μm
<i>Mode Field Diameter (1550 nm)</i>	0,5 μm
<i>Diameter Cladding (1310 nm)</i>	2 μm

<i>Diameter Cladding (1550 nm)</i>	2 μm
Attenuasi maksimum pada 1310 nm	0,4 dB/km
Attenuasi maksimum pada 1550 nm	0,25 dB/km
Rugi-rugi <i>Splice</i>	0,2 dB/Km
Rugi-rugi konektor	0,5 dB

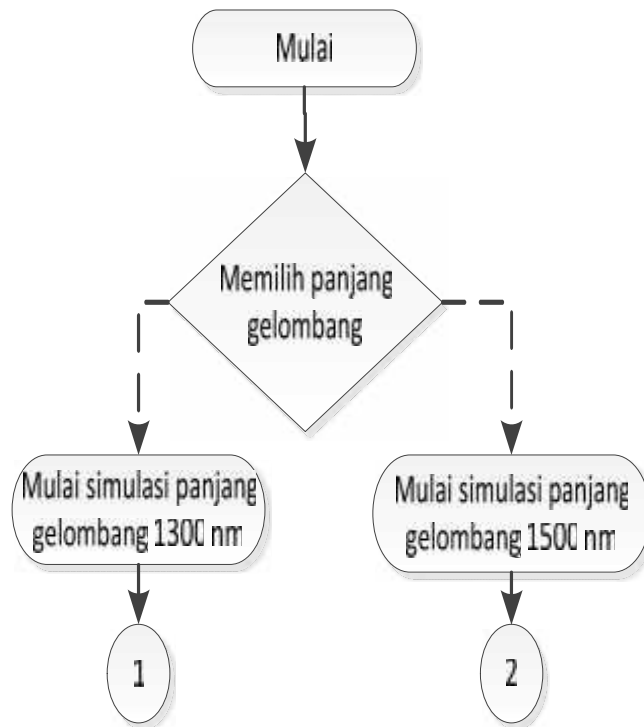
Dari sumber table 3.1 dapat diambil beberapa parameter-parameter yang menjadi acuan untuk melakukan sebuah simulasi penggunaan penguatan pada panjang gelombang 1310 nm dan 1550 nm dengan menggunakan program matlab berikut adalah tabel parameter yang ditunjukkan pada tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3.2 Parameter – Parameter Yang Digunakan Dalam Simulasi.

NO	Panjang gelombang 1310 nm			Panjang gelombang 1550 nm		
	Parameter	Jumlah	satuan	Parameter	Jumlah	satuan
1	<i>Power transmit</i>	100	mW	<i>Power transmit</i>	100	mW
2	<i>Safety margin</i>	3	dB	<i>Safety margin</i>	3	dB
3	Pmin	-25	dB	Pmin	-25	dB
4	Jarak	150 - 600	Km	Jarak	150 -600	Km
5	<i>Loss attenuasi</i>	0.4	dB/Km	<i>Loss attenuasi</i>	0.25	dB/Km
6	Rugi <i>Splice</i>	0.2	dB/Km	Rugi <i>Splice</i>	0.2	dB/Km
7	Rugi Konektor	0.5	dB	Rugi Konektor	0.5	dB
8	<i>Other Loss</i>	5	dB	<i>Other Loss</i>	5	dB
9	<i>Gain</i>	20	dB	<i>Gain</i>	20	dB
10	<i>Gain ASE</i>	3	dB	<i>Gain ASE</i>	3	dB

3.2 Perancangan diagram alir (*Flowchart*)

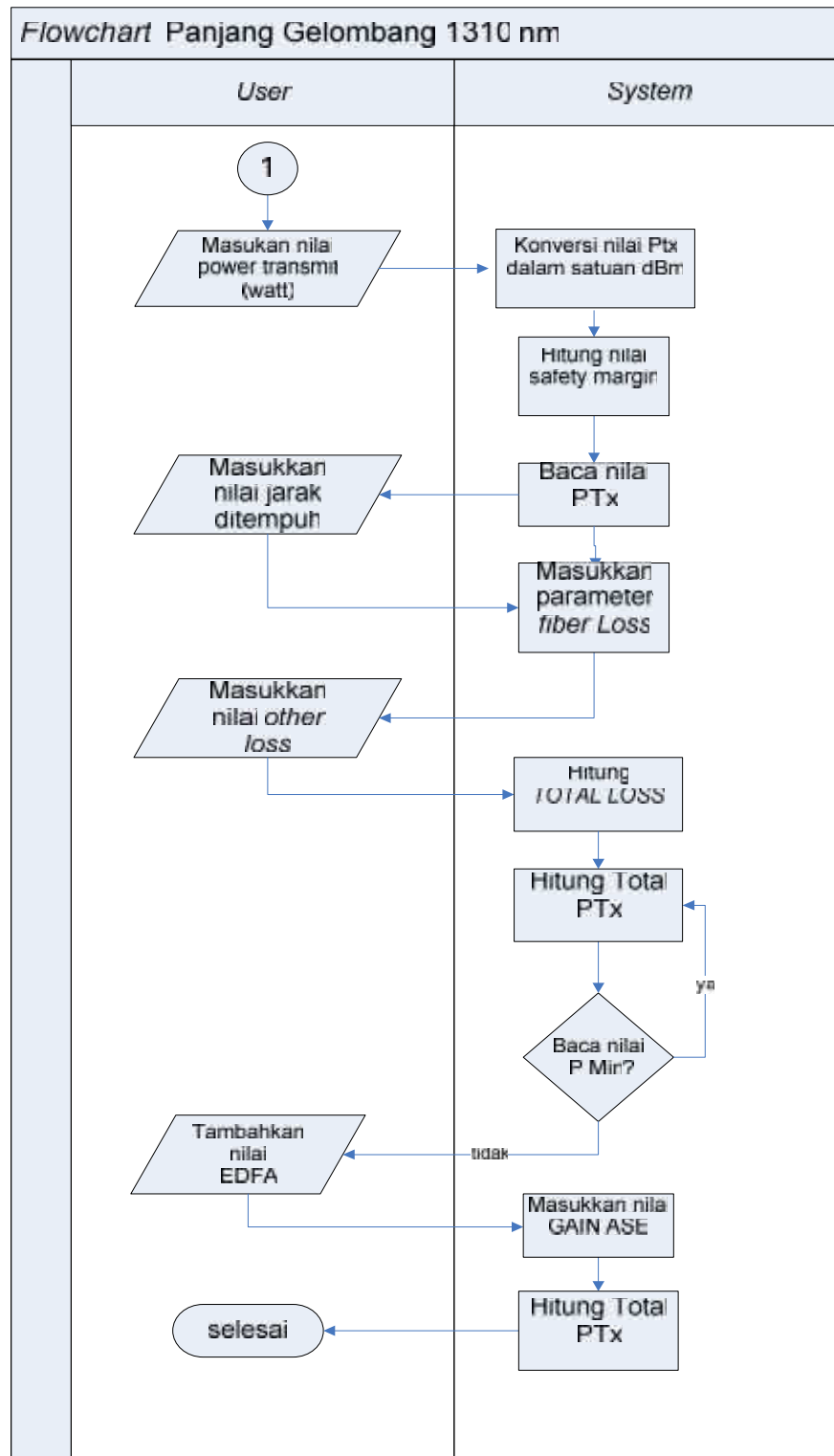
3.2.1 *Flowchart* main program



Gambar 3.1. *Flowchart* main program

Perancangan *flowchart* pada simulasi penggunaan penguatan dalam sistem komunikasi serat optik secara umum dapat dikelompokkan menjadi dua seperti yang terlihat pada Gambar 3.1 diatas. Pada menu utama terdapat dua pilihan metoda yang akan digunakan untuk mensimulasikan penggunaan penguatan dalam system komunikasi serat optik.

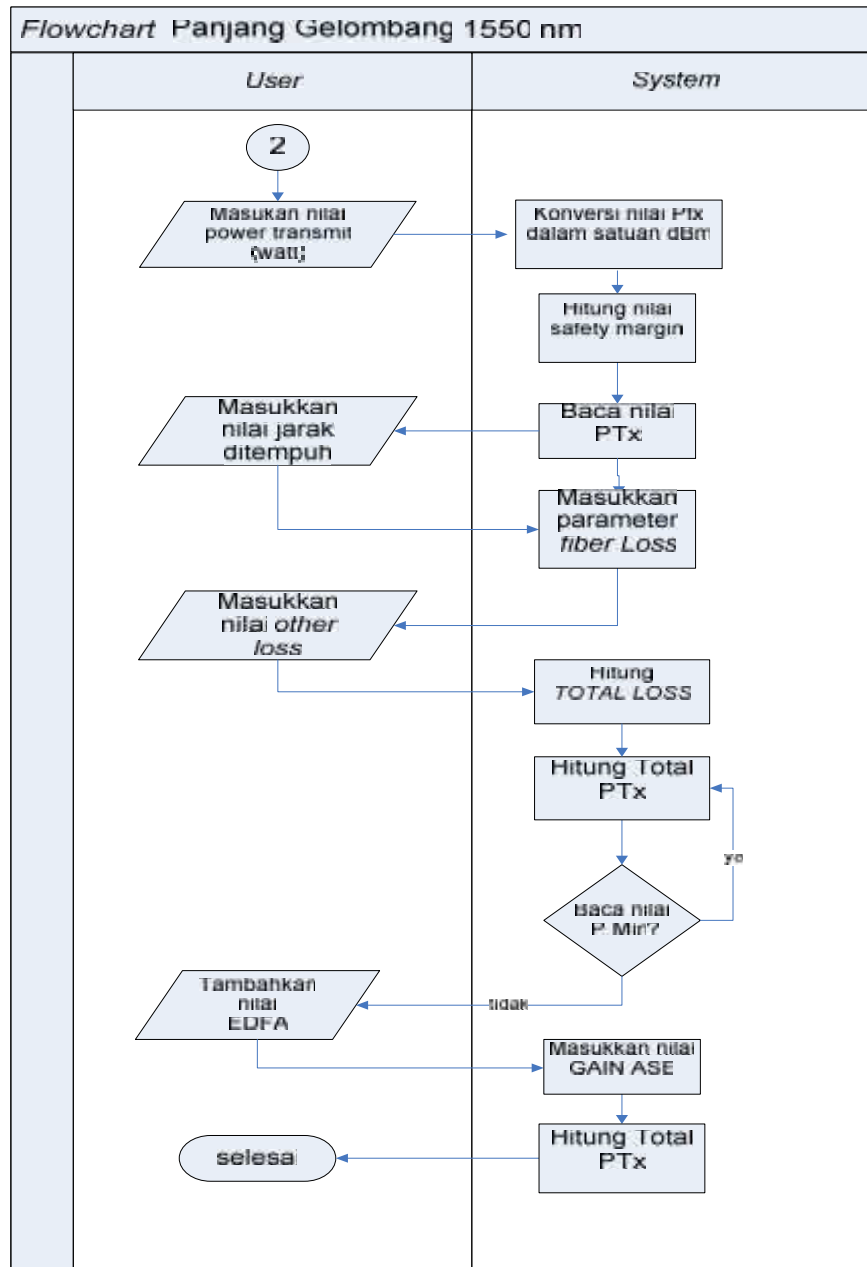
3.2.2 Flowchart transmisi pada panjang gelombang 1310 nm



Gambar 3.2. Flowchart Transmisi Pada Panjang Gelombang 1310 nm

Pada gambar 3.2 merupakan *Flowchart* proses transmisi pada panjang gelombang 1310 nm yang merupakan gambaran proses pengiriman data dari daya pengirim sampai pada daya yang diterima melewati media transmisi dengan penambahan penguatan EDFA sebelum sampai pada penerima. .

3.2.3 *Flowchart* transmisi pada panjang gelombang 1550 nm



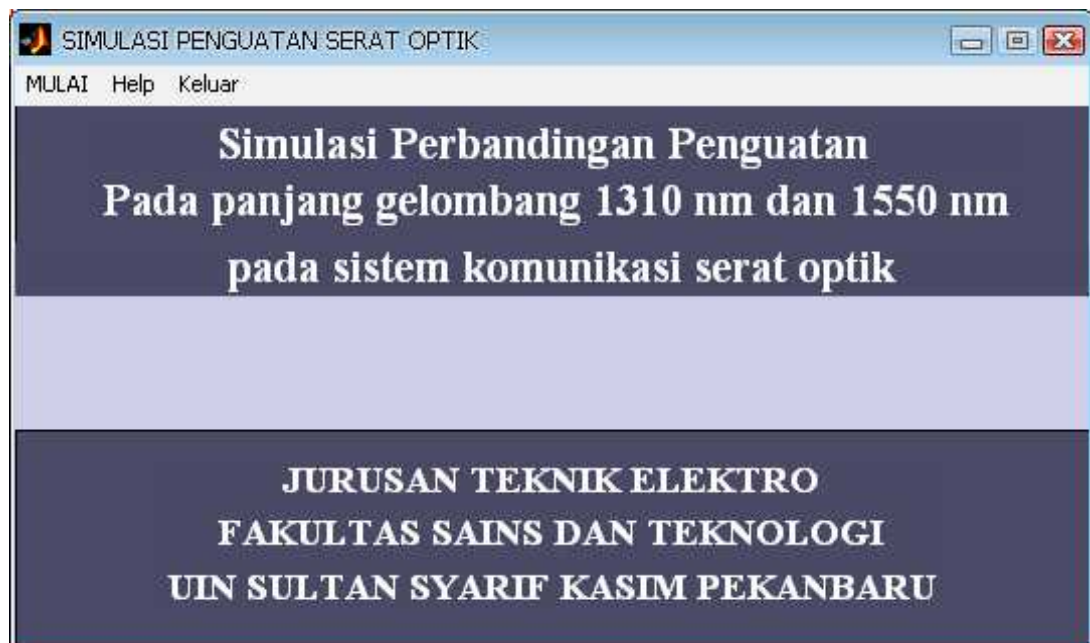
Gambar 3.3. *Flowchart* Transmisi Pada Panjang Gelombang 1550 nm

Pada gambar 3.3 merupakan *Flowchart* transmisi pada panjang gelombang 1550 nm merupakan gambaran dari proses penggunaan penguatan dengan memakai panjang gelombang 1550 nm . Ini mengalami proses yang sama dengan program dengan panjang gelombang 1310 nm namun terdapat perbedaan nilai attenuasi pada parameter *fiber loss*.

3.3 Perancangan Tampilan Sistem (Antar Muka)

Langkah awal dalam merancang sebuah antar muka (*interface*), ada ketentuan yang harus diperhatikan yakni menentukan tampilan awal yang akan dirancang, sehingga tampilan awal ini akan mencerminkan proses keseluruhan program yang akan dibuat pada simulasi penggunaan penguatan pada sistem komunikasi serat optik.

Untuk lebih interaktif perlu dirancang tampilan yang mudah dipahami oleh pengguna, sehingga pengguna dapat dengan mudah menggunakan dan mempelajari berbagai proses dari komponen telekomunikasi dalam sistem komunikasi serat optik.



Gambar 3.4. Tampilan awal program

Gambar 3.4 akan menunjukkan tampilan awal untuk membuka program simulasi penggunaan panjang gelombang 1310 nm dan 1550 nm pada sistem komunikasi serat optik.

Setelah memperlihatkan rancangan tampilan pembuka program, maka akan memasuki pada program inti yang melakukan proses perhitungan penggunaan penguatan pada panjang gelombang 1310 nm dan 1550 nm pada sistem komunikasi serat optik.

The screenshot displays the main simulation program interface, which is divided into two sections for different wavelengths: 1310 nm and 1550 nm. Each section contains a table of input parameters for the Transmitter, Media Transmisi, Amplifier, and Receiver.

Simulasi penguatan pada panjang gelombang 1310 nm							
TRANSMITTER		MEDIA TRANSMISI		AMPLIFIER		RECEIVER	
Power Transmisi	1 mW	Jarak	1 km	Jumlah EDFA	1	Test 1st	1
KONVERSI	1 dBm	Loss Attenuasi	1 dB/km	GAIN	1	Test 2nd	1
Safety Margin	0 dB	Rugi Konektor	0 dB			Power	1
Nilai P _{TX}	0 dBm	Rugi Splice	0 dB			Power	1
		Other Loss	0 dB				
		TOTAL LOSS	0 dB				

Simulasi penguatan pada panjang gelombang 1550 nm							
TRANSMITTER		MEDIA TRANSMISI		AMPLIFIER		RECEIVER	
Power Transmisi	1 mW	Jarak	1 km	Jumlah EDFA	1	Test 1st	1
KONVERSI	1 dBm	Loss Attenuasi	1 dB/km	GAIN	1	Test 2nd	1
Safety Margin	0 dB	Rugi Konektor	0 dB			Power	1
Nilai P _{TX}	0 dBm	Rugi Splice	0 dB			Power	1
		Other Loss	0 dB				
		TOTAL LOSS	0 dB				

Gambar 3.5. Tampilan program utama

Pada gambar 3.5 merupakan tampilan utama ini proses penguatan yang disimulasikan digabung antara simulasi penguatan menggunakan panjang gelombang 1310 nm dengan simulasi penguatan dengan menggunakan panjang gelombang 1550 nm. Dengan bantuan *tools* yang terdapat didalam *grafik user interface* (GUI) didesain sebaik mungkin sehingga pengguna dapat menggunakan simulasi dengan mudah.

BAB IV

HASIL DAN ANALISIS

Bab ini menguraikan tentang hasil dan analisis dari Tugas Akhir. Bab ini menitik beratkan pada hasil simulasi yang telah dilakukan yang disertai dengan analisis terhadap hasil simulasi. Topik yang akan diuraikan dalam bagian ini meliputi : analisis sistem, analisis hasil pengujian dari simulasi penguatan terhadap sistem komunikasi serat optik.

4.1 Analisis Sistem

Pada suatu komunikasi khususnya dalam sistem komunikasi serat optik, suatu informasi misalnya data yang telah disampaikan dengan membutuhkan daya yang sangat besar dari sisi pengirim seharusnya sama dengan daya yang diterima dari sisi penerima. Namun pada kondisi sebenarnya daya akan melemah sepanjang jauhnya jarak yang dilewati oleh optik yang dikenal dengan *fiber losses*.

Segala cara telah dilakukan untuk memajukan berbagai teknologi dalam sistem komunikasi serat optik yang semata-mata bertujuan untuk meminimalisasikan *fiber losses* yang berada pada media transmisi. Ketika serat optik *input* data dibagi dalam panjang gelombang berbeda, sehingga keluaran yang dihasilkan jauh lebih besar pada saat diterima.

Suatu komunikasi dikatakan baik bukanlah terletak pada kemampuan pengirim atau media transmisi menyampaikan informasi tetapi pada kemampuan penerima menerima setiap informasi dari pengirim. Salah satu cara yang telah dilakukan adalah dengan memberi penguatan dan juga dengan meningkatkan besaran dari panjang gelombang yang berdampak pada minimnya redaman atau attenuasi yang termasuk dalam *loss*.

Pemakaian satu kanal pada panjang gelombang 1550 nm akan mengurangi angka attenuasi yang berbeda dari saat menggunakan 2 kanal pada panjang gelombang 1310 nm.

4.2 Analisis Hasil Pengujian

Jarak merupakan salah satu faktor yang menyebabkan timbulnya redaman, karena pada jarak tertentu dalam sistem komunikasi serat optik akan menghasilkan attenuasi. Semakin besar jarak antara pengirim ke penerima, maka akan semakin besar pula attenuasi yang dihasilkan. Salah satu solusi yang dilakukan agar menghasilkan daya penerima sama dengan pengirim yaitu dengan menambah penguatan sebelum sampai kepada penerima.

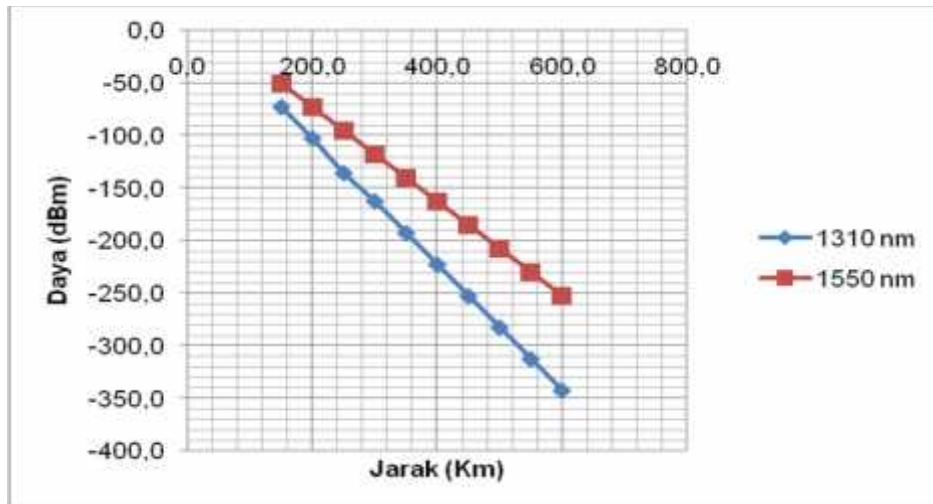
Berikut ini adalah hasil pengujian daya terima tanpa diberi penguatan untuk panjang gelombang 1310 nm dan panjang gelombang 1550 nm.

4.2.1 Hasil Daya Terima Tanpa Diberi Penguatan

Tabel 4.1. Daya Terima Tanpa Penguatan

No	Daya kirim (mW)	Loss attenuation		Rugi Splice (dB/Km)	Rugi konektor (dB)	Other Loss (dB)	Jarak (Km)	Daya terima (dBm)	
		λ 1310 nm (dB/Km)	λ 1550 nm (dB/Km)					λ 1310 nm	λ 1550 nm
1	100	0.4	0.25	0.2	0.5	5	150	-72.5	-50
2	100	0.4	0.25	0.2	0.5	5	200	-102.5	-72.5
3	100	0.4	0.25	0.2	0.5	5	250	-132.5	-95
4	100	0.4	0.25	0.2	0.5	5	300	-162.5	-117.5
5	100	0.4	0.25	0.2	0.5	5	350	-192.5	-140
6	100	0.4	0.25	0.2	0.5	5	400	-222.5	-162.5
7	100	0.4	0.25	0.2	0.5	5	450	-252.5	-185
8	100	0.4	0.25	0.2	0.5	5	500	-282.5	-207.5
9	100	0.4	0.25	0.2	0.5	5	550	-312.5	-230
10	100	0.4	0.25	0.2	0.5	5	600	-342.5	-252.5

Pada tabel 4.1 dapat dianalisis bahwa dengan penambahan jarak atau semakin jauhnya pengirim ke penerima akan meningkatkan *loss* sehingga akan berdampak kepada daya penerima semakin berkurang. Sehingga pada tabel 4.1 terdapat perbedaan antara daya terima yang menggunakan panjang gelombang 1310 nm dan 1550 nm.



Gambar 4.1. Grafik perbandingan daya terima tanpa penguatan.

Pada gambar 4.1 merupakan grafik perbandingan daya yang diterima Prx yang terjadi penurunan kualitas data, disebabkan besarnya total *loss*. Akan tetapi pada panjang gelombang 1550 nm memiliki attenuasi yang rendah dari pada panjang gelombang 1310 nm sehingga kualitas data ke Prx tidak terlalu buruk yang diterima.

Perbedaan ini disebabkan karena saat pengiriman data informasi dengan menggunakan panjang gelombang 1550 nm memiliki attenuasi yang lebih rendah yaitu 0.25 dB/Km dibandingkan menggunakan panjang gelombang 1310 nm yang memiliki attenuasi yaitu 0.4 dB/Km.

Secara hitungan matematika sederhana daya terima tanpa diberi penguatan dapat dihitung sebagai berikut :

$$Prx = Ptx - Total Loss + Safety Margin$$

Untuk panjang gelombang 1310 nm daya terima dapat dihitung sebagai berikut

Diketahui : Ptx	$= 100 \text{ mW} = 20 \text{ dBm}$
$Safety Margin$	$= 3 \text{ dB}$
Jarak	$= 150 \text{ Km}$
$Total loss$	$= 95.5 \text{ dB}$

$$\begin{aligned}
\text{Maka : } P_{rx} &= P_{tx} - \text{Total Loss} + \text{Safety Margin} \\
&= 20 \text{ dBm} - 95.5 \text{ dB} + 3 \text{ dB} \\
&= -72.5 \text{ dBm}
\end{aligned}$$

Sedangkan untuk panjang gelombang 1550 nm daya terima akan terlihat perbedaan karena pada panjang gelombang ini memiliki attenuasi lebih sedikit.

Untuk daya terima dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
\text{Diketahui : } P_{tx} &= 100 \text{ mW} = 20 \text{ dB} \\
\text{Safety Margin} &= 3 \text{ dB} \\
\text{Jarak} &= 150 \text{ Km} \\
\text{Total loss} &= 73 \text{ dB}
\end{aligned}$$

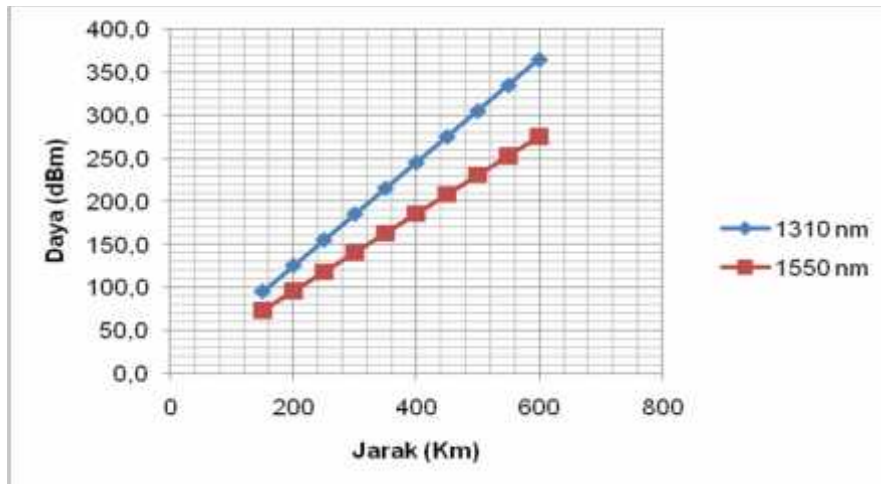
$$\begin{aligned}
\text{Maka, } P_{rx} &= P_{tx} - \text{Total Loss} + \text{safety Margin} \\
&= 20 \text{ dBm} - 73 \text{ dB} + 3 \text{ dB} \\
&= -50 \text{ dBm}
\end{aligned}$$

4.2.2 Hasil Total loss (rugi-rugi transmisi) pada media transmisi

Tabel 4.2 Total loss pada media transmisi

No	Daya kirim (mW)	Loss attenuation		Rugi Konektor (dB/Km)	Rugi Splice (dB)	Other Loss (dB)	Jarak (Km)	Total Loss (dB)	
		λ 1310 nm (dB/Km)	λ 1550 nm (dB/Km)					λ 1310 nm	λ 1550 nm
1	100	0.4	0.25	0.2	0.5	5	150	95.5	73
2	100	0.4	0.25	0.2	0.5	5	200	125.5	95.5
3	100	0.4	0.25	0.2	0.5	5	250	155.5	118
4	100	0.4	0.25	0.2	0.5	5	300	185.5	140.5
5	100	0.4	0.25	0.2	0.5	5	350	215.5	163
6	100	0.4	0.25	0.2	0.5	5	400	245.5	185.5
7	100	0.4	0.25	0.2	0.5	5	450	275.5	208
8	100	0.4	0.25	0.2	0.5	5	500	305.5	230.5
9	100	0.4	0.25	0.2	0.5	5	550	335.5	253
10	100	0.4	0.25	0.2	0.5	5	600	365.5	275.5

Dari tabel 4.2 dapat dianalisis bahwa pada media transmisi banyak terdapat rugi-rugi transmisi atau *loss* yang mengakibatkan daya terima akan semakin berkurang seiring bertambahnya jarak.



Gambar 4.2. Grafik Perbandingan Total Loss

Pada gambar 4.2 merupakan grafik perbandingan *loss* yang terjadi saat pengiriman data ke Prx. Total *loss* pada panjang gelombang 1310 nm lebih tinggi dari pada panjang gelombang 1550 nm. Disebabkan oleh attenuasi pada panjang gelombang 1310 nm yang lebih tinggi yaitu sebesar 0,4 dB/km sedangkan pada panjang gelombang 1550 nm yang lebih rendah yaitu sebesar 0,25 dB/km.

Apabila *loss* pada media transmisi ini semakin besar akan mengakibatkan sistem akan mengalami kerusakan sehingga tidak ada informasi yang diterima dibagian penerima. Secara hitungan matematika sederhana *total loss* dapat dihitung sebagai berikut :

$$\text{Total Loss} = \text{loss attenuasi} + \text{loss coupling} + \text{loss konektor} + \text{other loss}$$

Untuk panjang gelombang 1310 nm *total loss* dapat dihitung sebagai berikut

Diketahui : Ptx	= 100 mW = 20 dBm
Jarak	= 150 Km
Loss Attenuasi	= (0.4 * 150) = 60 dB
Rugi Konektor	= 0.5 dB
Rugi Splice	= (0.2 * 150) = 30 dB
Other Loss	= 5 dB

Maka, $\text{Total Loss} = \text{loss attenuasi} + \text{Rugi Splice} + \text{Rugi konektor} + \text{other loss}$

$$= 60 \text{ dB} + 30 \text{ dB} + 0.5 \text{ dB} + 5 \text{ dB}$$

$$= 95.5 \text{ dB}$$

Untuk panjang gelombang 1550 nm *total loss* dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Diketahui : } P_{tx} &= 100 \text{ mW} = 20 \text{ dBm} \\
 \text{Jarak} &= 150 \text{ Km} \\
 \text{Loss Attenuasi} &= (0.25 * 150) = 37.5 \text{ dB} \\
 \text{Loss Konektor} &= 0.5 \text{ dB} \\
 \text{Loss Coupling} &= (0.2 * 150) = 30 \text{ dB} \\
 \text{Other Loss} &= 5 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maka Total Loss} &= \text{loss attenuasi} + \text{loss coupling} + \text{loss konektor} + \text{other loss} \\
 &= 37.5 \text{ dB} + 30 \text{ dB} + 0.5 \text{ dB} + 5 \text{ dB} \\
 &= 73 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

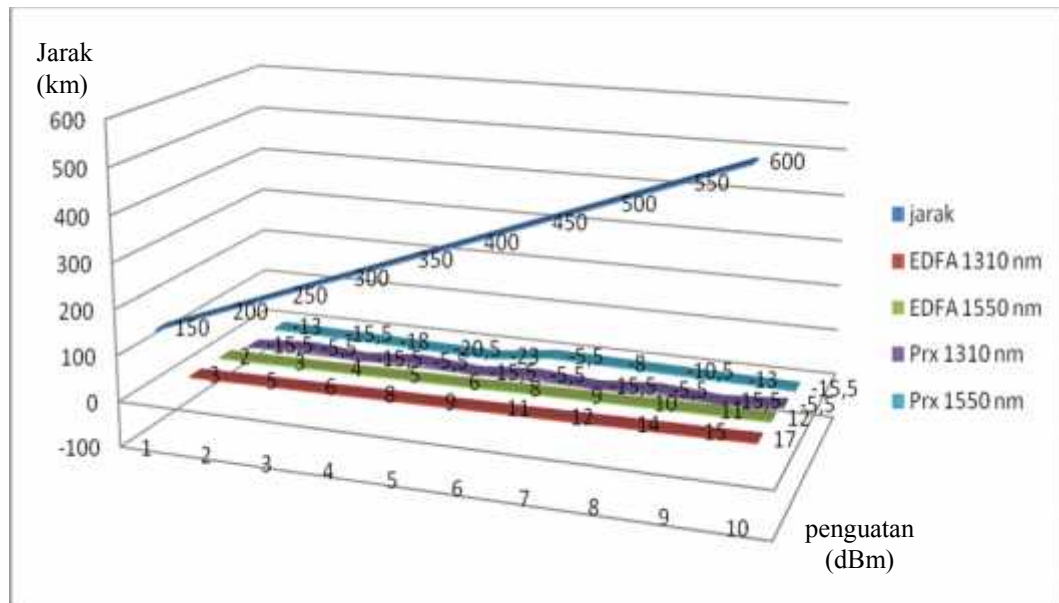
4.2.3 Hasil penggunaan *gain* (penguatan) pada tiap panjang gelombang

Tabel 4.3. Hasil penggunaan *gain* pada tiap panjang gelombang

No	Daya kirim (mW)	Total Loss (dB)		Gain ASE (dB)	Daya Terima tanpa penguatan (dB)		Jarak (Km)	Jumlah EDFA		Daya Terima setelah penguatan (dB)	
		λ 1310 nm	λ 1550 nm		λ 1310 nm	λ 1550 nm		λ 1310 nm	λ 1550 nm	λ 1310 nm	λ 1550 nm
1	100	95.5	73	3	-72.5	-50	150	3	2	-15.5	-13
2	100	125.5	95.5	3	-102.5	-72.5	200	5	3	-5.5	-15.5
3	100	155.5	118	3	-132.5	-95	250	6	4	-15.5	-18
4	100	185.5	140.5	3	-162.5	-117.5	300	8	5	-5.5	-20.5
5	100	215.5	163	3	-192.5	-140	350	9	6	-15.5	-23
6	100	245.5	185.5	3	-222.5	-162.5	400	11	8	-5.5	-5.5
7	100	275.5	208	3	-252.5	-185	450	12	9	-15.5	-8
8	100	305.5	230.5	3	-282.5	-207.5	500	14	10	-5.5	-10.5
9	100	335.5	253	3	-312.5	-230	550	15	11	-15.5	-13
10	100	365.5	275.5	3	-342.5	-252.5	600	17	12	-5.5	-15.5

Dari Tabel 4.3. dapat dianalisis bahwa besarnya rugi-rugi transmisi pada media transmisi mengakibatkan minimnya daya terima, oleh karena itu

dibutuhkan sebuah penguat yang menghasilkan penguatan terhadap daya yang telah melemah selama melewati saluran transmisi.



Gambar 4.3. Grafik Daya terima setelah penguatan.

Pada gambar 4.3. merupakan grafik perbandingan dua penguat, pada jarak 400 Km dapat dilihat pada panjang gelombang 1310 nm memiliki nilai gain yang sama panjang gelombang 1550 yaitu -5,5 dBm akan tetapi pada panjang gelombang 1310 nm membutuhkan banyak penguat dibandingkan pada panjang gelombang 1550 nm.

Pada panjang gelombang 1310 nm memiliki attenuasi lebih besar dibanding pada panjang gelombang 1550 mengakibatkan *total loss* semakin besar maka terdapat jumlah penguatan yang berbeda, oleh sebab itu pada panjang gelombang 1310 nm lebih banyak membutuhkan penguatan agar sinyal informasi dapat diterima oleh penerima.

Analisis dapat dilanjutkan bahwa terdapat pengaruh yang sangat besar pada daya penerima pada saat mengirimkan informasi pada sistem komunikasi serat optik pada saat diberi penguatan dan tanpa penguatan.

Karena begitu besarnya rugi-rugi transmisi yang terjadi saat mengirimkan informasi pada media transmisi mengakibatkan sinyal akan melemah yang disebut cacat sinyal. Untuk itu penerapan teknologi berikutnya akan lebih mengutamakan

system yang rendah attenuasi karena akan berpengaruh dalam mengirimkan data dalam jumlah yang sangat besar.

Untuk menghitung daya terima yang diberi penguat dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Pr_x = PT_x \text{ (dB)} - Total \text{ Loss (dB)} + (Gain_{EDFA} - Gain \text{ ASE}) + Safety \text{ margin}$$

Untuk panjang gelombang 1310 nm, Total PRx dapat dihitung sebagai berikut :

Diketahui : Ptx	= 100 mW = 20 dBm
Total Loss	= 95,5 dB
Gain _{EDFA}	= 20 dB
Gain ASE	= 3 dB
Safety Margin	= 3 dB

Maka,

$$\begin{aligned} PR_x &= PT_x \text{ (dBm)} - Total \text{ Loss (dB)} + (Gain_{EDFA} - Gain \text{ ASE}) + Safety \text{ margin} \\ &= 20 \text{ dBm} - 95,5 \text{ dB} + (20 \text{ dB} - 3 \text{ dB}) + 3 \text{ dB} \\ &= -15,5 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Untuk panjang gelombang 1550 nm total Prx dapat dihitung sebagai berikut

Diketahui : PTx	= 100 mW = 20 dBm
Total Loss	= 73 dB
Gain _{EDFA}	= 20 dB
Gain ASE	= 3 dB
Safety Margin	= 3 dB

Maka,

$$\begin{aligned} PR_x &= PT_x \text{ (dBm)} - Total \text{ Loss (dB)} + (Gain_{EDFA} - Gain \text{ ASE}) + Safety \text{ margin} \\ &= 20 \text{ dBm} - 73 \text{ dB} + (20 \text{ dB} - 3 \text{ dB}) + 3 \text{ dB} \\ &= -13 \text{ dBm} \end{aligned}$$

4.3 Analisis penerapan sistem

Penerapan pemakaian panjang gelombang yang berbeda pada sistem komunikasi serat optik ini terlihat pada teknologi yang menggunakan teknik *multiplexing*, yang membagi data masukan dalam jumlah yang banyak menjadi satu keluaran dalam serat optik.

Pada awalnya teknologi ini berkembang data dibagi menjadi beberapa bagian yang dikenal dengan E1 yang terdapat pada teknologi *sincronus digital hierarki* (SDH) . Satu E1 akan menghasilkan data sebesar 2 MHz. Untuk standar besarnya data diatas E1 dikenal dengan STM1 yang menghasilkan 32 E1 yang sama besarnya 64 MHz.

Karena ketidaklinearan dari sistem dari SDH ini mengakibatkan keterbatasan dari *bandwidth* dan akan mengakibatkan krisis *bandwidth*, maka dibuatlah teknologi yang membagi data berdasarkan panjang gelombang yang memakai teknologi *multiplexing*.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisa sistem dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada jarak 400 km dengan daya kirim 20 dB, menggunakan panjang gelombang 1310 nm menghasilkan daya terima (Prx) sebesar -5,5 dBm dan pada panjang gelombang 1550 nm menghasilkan daya terima (Prx) adalah -5,5 dBm setelah kedua panjang gelombang ditambahkan penguatan.
2. Dari nilai Prx yang dibandingkan terdapat kesamaan nilai akan tetapi jumlah penguatan untuk panjang gelombang 1310 nm lebih banyak yaitu 11 EDFA dibandingkan untuk panjang gelombang 1550 nm yang hanya menggunakan 8 EDFA.
3. Untuk penguatan pada serat optik pada panjang gelombang 1310 nm dan panjang gelombang 1550 nm menggunakan *amplifier* EDFA dengan nilai gain 10 dB sampai dengan 30 dB.

5.2 Saran

Dalam Tugas Akhir ini masih terdapat hal – hal yang dapat dikembangkan dimasa yang akan datang dan juga menjadi bahan untuk penelitian berikutnya yaitu antara lain:

1. Desain program simulasi ini dapat diwujudkan dalam bentuk interaktif yang lebih sederhana lagi dengan menambah item lain yang berkaitan dengan topic simulasi
2. Dengan adanya program simulasi ini dapat menjadi bahan ajar pada perkuliahan khususnya materi sistem komunikasi serat optik.

DAFTAR PUSTAKA

- Baharuddin, *Evaluasi Penerapan Penguat Optik Edfa – Raman Pada Sistem Komunikasi Fiber Optik*, Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang, 2008
- Danaryani, Sri, *Analyze Of Edfa Amplifier At Dwdm Multiplexing Fiber Optic Using Mat Lab*, Program Studi Teknik Telekomunikasi Universitas Lampung, 2008
- Hambali, Akmal, *Analisa Karakteristik Gain Serat Optik Erbium Doped Amplifier Mode tunggal*, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Jakarta, 2008
- Iqbal, Muhammad, *Dasar pengolahan citra menggunakan MATLAB*, Fakultas Perikanan dan Ilmu kelautan, Institut Pertanian Bogor , 2009
- Modul Scadatel, *Panduan Pemeliharaan Scada & Telekomunikasi*, PT.PLN (Persero), 2004
- Modul – 12 , *Penerapan Sistem Transmisi Serat Optik (SKSO)*, Jurusan Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi TELKOM , 2007
- Prabudi, Mersagita, “*Kisah Mengenai EDFA dan WDM*” [Online] Available <http://elektroindonesia.com/elektro/tel28.html> , diakses tanggal 11 November 2010
- Sudarmilah Endah, *Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) sebagai Solusi Krisis Kapasitas Banwidth pada Transmisi Data*, Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2002.
- Sunarto, *Pengenalan Optical Amplifier di Dalam Sistem Komunikasi Optik*, Jurusan Teknik Elektro-FTI, Universitas Trisakti , Jakarta, 2005